



⑤9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenl gungsschrift**
⑩ **DE 196 15 244 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
G 01 J 5/12
G 01 J 5/02
F 26 B 21/10
D 06 F 58/26
F 26 B 13/00

②1 Aktenzeichen: 196 15 244.5
②2 Anmeldetag: 18. 4. 96
④3 Offenlegungstag: 23. 10. 97

DE 196 15 244 A 1

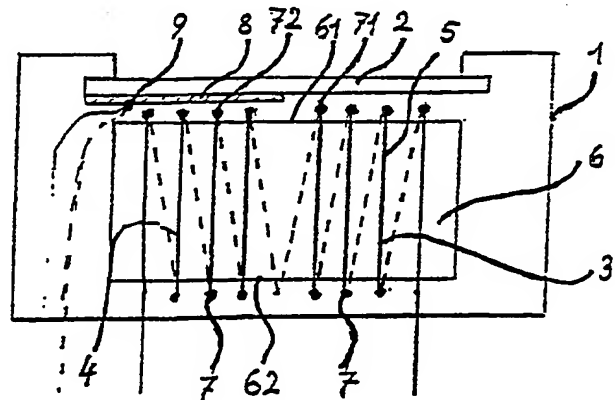
⑦1 Anmelder:
Pleva GmbH, 72186 Empfingen, DE

⑦4 Vertreter:
Patentanwalt Dipl.-Ing. Walter Jackisch & Partner,
70192 Stuttgart

⑦2 Erfinder:
Pleva, Ralf, Dr., 72250 Freudenstadt, DE; Pleva,
Herry, Dipl.-Ing., 72160 Horb, DE; Löbel, Wilfried,
Dipl.-Phys., 09111 Chemnitz, DE

⑤4 Sensor zur strahlungs-pyrometrischen Messung der Temperatur eines Meßobjektes

⑤7 Die Erfindung betrifft einen Sensor zur strahlungs-pyrometrischen Messung der Temperatur eines Meßobjektes unter Bedingungen hoher Umgebungstemperaturen am Sensor im Innenraum eines Heißlufttrockners, einer Wärmebehandlungsanlage oder dergleichen. Der Sensor besteht aus einem wärmeleitenden Gehäuse (1) mit einem im langwelligen Infrarotbereich strahlungsdurchlässigen Fenster (2), hinter dem gegenpolar in Reihe geschaltete Thermosäulen (3, 4) liegen, deren Drahtelemente (5) aus gegenseitig thermoelektrisch aktiven Materialien bestehen. Die Drahtelemente (5) sind etwa achsparallel in einem etwa zylindrischen Körper (6) aus schlecht wärmeleitendem temperaturbeständigem Material symmetrisch zueinander angeordnet, wobei die Lötstellen (7) auf der Grundfläche (61, 62) des Körpers liegen. Einige der hinter dem Fenster (2) liegenden Lötstellen (71, 72) sind durch einen strahlungsundurchlässigen Schild (8) abgedeckt. Zur Temperaturkompensation ist vorgesehen, am Fenster (2) ein Thermoelement (9) zur Erfassung der Eigentemperatur des Sensors am Schild (8) anzurden.



DE 196 15 244 A 1

Die Erfindung betrifft einen Sensor zur strahlungs-
pyrometrischen Messung der Temperatur eines Meß-
objektes nach dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Ein derartiger Sensor ermöglicht die berührungslose
Messung der Oberflächentemperatur von festen Werk-
stoffen, Materialien und Erzeugnissen insbesondere im
Innern von Heißlufttrocknern und Wärmebehandlungs-
anlagen unter Bedingungen hoher Umgebungstempera-
turen und an Stellen, die visuell von außen nicht zugän-
gig sind. Die durch mehrere innerhalb der Anlage in
unmittelbarer Nähe der zu messenden Oberfläche ange-
ordnete Sensoren erhaltene Kenntnis des räumlichen
und zeitlichen Temperaturprofils des zu behandelnden
Materials ist neben anderen Prozeßparametern eine
wichtige Voraussetzung zur optimierten Prozeßführung
im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit und Qualitätssiche-
rung.

Aus der älteren Patentanmeldung P 44 41 257.6 ist ein
Sensor zur strahlungs-
pyrometrischen Messung von
Temperaturen mittels Thermosäulen unter Anwendung
von Werkstoffen und Bauelementen vorgeschlagen, die
gegenüber Temperaturen bis zu 400°C und mehr be-
ständig sind, so daß dies Messungen unter Bedingungen
hoher Umgebungstemperaturen ermöglicht, ohne daß
Maßnahmen zur Kühlung des Sensors erforderlich sind.

Das Prinzip dieses Sensors beruht darauf, daß die
Lötstellen der Thermosäulen auf den Grundflächen eines
zylindrischen Körpers aus hitzebeständigem,
schlecht wärmeleitendem Material angeordnet sind, wo-
bei die aus gegenseitig thermoelektrisch aktivem Mate-
rial bestehenden Drahtelemente zwischen den Lötstel-
len achsparallel durch den Körper geführt werden. Eine
Gruppe von Lötstellen liegt hinter einem strahlungs-
durchlässigen Fenster, wobei eine andere Gruppe von
Bezugs-lötstellen durch einen strahlungsundurchlässigen
Schild gegenüber der Strahlung abgedeckt ist.

Die Kompensation nichtstrahlungsbedingter Tempe-
raturunterschiede zwischen den Lötstellen wird dabei
dadurch erreicht, daß die gleich aufgebauten Thermo-
säulen gegenpolar in Reihe geschaltet werden. Zur Ver-
besserung der Kompensation von durch inhomogene
Temperaturverteilung im Sensor verursachten Störün-
gen werden die Thermosäulen weiter aufgeteilt in nach-
einander angeordnete, wechselweise gegenpolar in Rei-
he geschaltete Gruppen, wobei die dem Fenster zuge-
wandten Gruppen der Lötstellen wechselweise abge-
deckt sind.

Bei einer schnellen Änderung der Umgebungstempe-
ratur initiiert das sich dabei temporär aufbauende Tem-
peraturgefälle zwischen dem Bereich des Fensters mit
dem Schild und den der Strahlung ausgesetzten Lötstel-
len einen Strahlungsaustausch, der in der Kompensa-
tionssäule eine Störung des Signals bedingt, bis sich ein
neuer stationärer Zustand eingestellt hat.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen gat-
tungsgemäßen Sensor derart weiterzubilden, daß auch
im instationären Fall während der durch Umgebungs-
temperaturschwankungen bedingten Änderung der Eigen-
temperatur eine zuverlässige Funktion gewährleistet ist.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merk-
male des Anspruches 1 gelöst.

In einer vereinfachten Ausbildung des Sensors gemäß
Anspruch 2 wird auf eine Kompensations-Thermosäule
verzichtet, und sowohl die strahlungssensitiven als auch
die Vergleichslötstellen einer einzigen, den Sensor bil-

denden Thermosäule werden auf der vorderen, dem
Meßobjekt zugewandten Grundfläche des Körpers an-
geordnet, wobei die Verbindungsdrähte zwischen den
Lötstellen durch achsparallele Bohrungen über die hin-
tere Grundfläche geführt sind.

Zweckmäßig ist der Schild aus einem Material mit
einer guten Temperaturleitfähigkeit gefertigt und steht
in wärmeleitender Verbindung mit dem Fenster, wo-
durch eine gleichmäßige Temperatur gewährleistet ist.
Für eine Annäherung an einen schwarzen Strahler ist
die der Thermosäule zugewandte Seite des Schildes mit
einem Pigment geschwärzt.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus
der Beschreibung und der Zeichnung, in der zwei nach-
folgend im einzelnen beschriebene Ausführungsbeispiele
der Erfindung dargestellt sind. Es zeigen:

Fig. 1 in schematischer Darstellung den Aufbau eines
erfindungsgemäßen Sensors,

Fig. 2 eine Draufsicht auf eine stirnseitige Grundflä-
che des Tragkörpers mit der Verteilung der Lötstellen
der Thermosäulen des Sensors nach Fig. 1,

Fig. 3 in schematischer Darstellung den Aufbau eines
anderen erfindungsgemäßen Sensors,

Fig. 4 eine Draufsicht auf eine stirnseitige Grundflä-
che des Tragkörpers mit der Verteilung der Lötstellen
der Thermosäule des Sensors nach Fig. 3.

Auf einem zylindrischen Tragkörper 6 (Fig. 1, 2) aus
einem zementgebundenen leichten Silikat-Schaumma-
terial von 30 mm Höhe und 30 mm Durchmesser sind
vier Thermosäulen 31, 41, 32 und 42 aus je sechs Ther-
mopaaren NiCr/Ni angeordnet, deren 0,2 mm dicke
Drahtelemente 5 in achsparallelen Bohrungen in diesem
Körper 6 geführt werden. Über den einander gegen-
überliegenden Grundflächen 61 und 62 des Körpers 6
befinden sich je vierundzwanzig in vier Quadranten der
Kreisfläche symmetrisch angeordnete Lötstellen 7, de-
ren Verteilung aus Fig. 2 ersichtlich ist. Die Thermosä-
ulen 31, 41, 32, 42 sind wechselweise gegenpolar in Reihe
geschaltet, so daß sich an den Verbindungsstellen zwei-
er benachbarter Säulen jeweils Drahtelemente aus glei-
chem Material treffen. In Fig. 1 sind aus Gründen der
Übersichtlichkeit schematisch nur zwei benachbarte
Thermosäulen 3 und 4 dargestellt. Die strahlungssensiti-
ven Lötstellen 71 und die Bezugs-lötstellen 72 befinden
sich auf der dem Meßobjekt zugewandten Fläche des
Körpers 6 hinter einem infrarotdurchlässigen Fenster 2
aus Bariumfluorid-Einkristall von 30 mm Durchmesser
und 3 mm Dicke, wobei die Lötstellen 72 der zur Kom-
pensation dienenden gleichgepolten Thermosäulen
durch einen strahlungsundurchlässigen Schild 8 gegen-
über der äußeren Strahlung abgedeckt sind. Dieser
Schild 8 ist an der Innenseite mit einem Pigment ge-
schwärzt, besteht aus 0,2-mm-Kupferblech und befindet
sich in wärmeleitendem Kontakt mit dem Fenster 2.
Erfindungsgemäß ist an diesem Schild ein Thermoele-
ment 9 montiert, dessen Meßwert in Verbindung mit
dem Signal der Thermosäulen 31, 41, 32, 42 zur Bestim-
mung der Temperatur des Meßobjektes dient. Die Meß-
vorrichtung ist in einem zylindrischen Gehäuse 1 aus
Aluminium mit einer Wandstärke von 2 mm unterge-
bracht.

In einem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß den
Fig. 3 und 4 besteht der Sensor aus einer einzigen Ther-
mosäule mit sechzehn Thermopaaren, deren insgesamt
zweiunddreißig Lötstellen auf der vorderen, dem Meß-
objekt zugewandten Grundfläche des Körpers 6 sym-
metrisch in acht Sektoren der Kreisfläche gemäß Fig. 4
angeordnet sind. Die Drahtelemente 5 aus NiCr bzw. Ni

von 0,2 mm Durchmesser sind zwischen den Lötstellen achsparallel durch Bohrungen im zylinderförmigen Körper 6 aus einem zementgebundenen leichten Silikat-Schaummaterial über dessen rückwärtige Grundfläche geführt. Die Abmessungen des Körpers 6 betragen 30 mm Durchmesser und 30 mm Höhe. Die Lötstellen 7, deren Verteilung auf der Grundfläche des Körpers 6 in Fig. 4 dargestellt ist, befinden sich hinter einem strahlungsdurchlässigen Fenster 2 aus Bariumfluorid-Einkristall von 30 mm Durchmesser und 3 mm Dicke. In wärmeleitendem Kontakt mit diesem Fenster 2 befindet sich an dessen Innenseite ein malteserkreuzförmig ausgebildeter Schild 8 aus 0,2-mm-Kupferblech, der innen mit einem Pigment geschwärzt ist, und an dem ein Thermoelement 9 montiert ist, dessen Ausgangssignal in Verbindung mit dem Signal der Thermosäule zur Bestimmung der Temperatur des Meßobjektes dient. Dieser Schild bedeckt die Vergleichslötstellen gegenüber der Strahlung. Der gesamte Sensor ist in einem zylindrischen Gehäuse aus Aluminium von 2 mm Wandstärke entsprechend dem Gehäuse 1 in Fig. 1 angeordnet.

Der erfindungsgemäße Sensor kann physikalisch wie folgt erklärt werden:

Im stationären Zustand, d. h. im Falle gleicher Temperaturverhältnisse T_F im gesamten Bereich der Frontfläche des Sensors, ist das von den in Reihe geschalteten Thermosäulen 3 und 4 erzeugte Signal U_0 direkt der zwischen den nicht abgedeckten sensitiven Lötstellen 71 und dem zu messenden Objekt mit der Temperatur T_0 übertragenen Strahlungsmenge φ_0 proportional, d. h. entsprechend dem Strahlungsgesetz gilt (T in °K):

$$U_0 \sim \varphi_0 \sim T_0^4 - T_F^4.$$

Hat jedoch der mit dem Fenster 2 in wärmeleitendem Kontakt befindliche Schild 8 eine Temperatur T_S , die von der Temperatur T_F der sensitiven Lötstellen abweicht, so hat dies einen Strahlungsübergang φ_S zwischen dem Schild und den unter dem Schild befindlichen Lötstellen 72 zur Folge. Es gilt:

$$\varphi_S \sim T_S^4 - T_F^4.$$

Die dadurch verursachte Signalstörung $U_S \sim \varphi_S$ wird dem Signal U_0 aufgrund der gegenpolaren Reihenschaltung beider Thermoketten mit umgekehrtem Vorzeichen überlagert. Das verbleibende Signal beträgt:

$$U = U_0 - U_S \text{ bzw. } U \sim \varphi_0 - \varphi_S.$$

Daraus ergibt sich

$$U \sim T_0^4 - T_F^4 - (T_S^4 - T_F^4) = T_0^4 - T_S^4.$$

Hieraus ist ersichtlich, daß das Sensorsignal U hinsichtlich der aus diesem zu ermittelnden Objekttemperatur T_0 auf die Temperatur T_S des Schildes zu beziehen ist. Voraussetzung ist allerdings ein Strahlungsübergang entsprechend dem Strahlungsgesetz für den schwarzen Strahler.

chen, bestehend aus einem wärmeleitenden Gehäuse (1) mit einem im langwelligen Infrarotbereich strahlungsdurchlässigen Fenster (2), hinter dem gegenpolar in Reihe geschaltete Thermosäulen (3, 4) liegen, deren Drahtelemente (5) aus gegenseitig thermoelektrisch aktiven Materialien bestehen, wobei die Drahtelemente (5) etwa achsparallel in einem etwa zylindrischen Körper (6) aus schlecht wärmeleitendem temperaturbeständigem Material symmetrisch zueinander angeordnet sind und die Lötstellen (7) auf der Grundfläche (61, 62) des Körpers liegen, wobei einige der hinter dem Fenster (2) liegenden Lötstellen (71, 72) durch einen strahlungsundurchlässigen Schild (8) abgedeckt sind, dadurch gekennzeichnet, daß am Fenster (2) ein Thermoelement (9) zur Erfassung der Eigentemperatur des Sensors am Schild (8) angeordnet ist (Fig. 1, 2).

2. Sensor zur strahlungs-pyrometrischen Messung der Temperatur eines Meßobjektes, insbesondere unter Bedingungen hoher Umgebungstemperaturen am Sensor im Innenraum eines Heißlufttrockners, einer Wärmebehandlungsanlage oder dergleichen, bestehend aus einem wärmeleitenden Gehäuse (1) mit einem im langwelligen Infrarotbereich strahlungsdurchlässigen Fenster (2), hinter dem eine Thermosäule (3, 4) liegt, deren Drahtelemente (5) aus gegenseitig thermoelektrisch aktiven Materialien bestehen, wobei die Drahtelemente (5) etwa achsparallel in einem etwa zylindrischen Körper (6) aus schlecht wärmeleitendem, temperaturbeständigem Material symmetrisch zueinander angeordnet sind und die Lötstellen (7) auf der Grundfläche des Körpers liegen, wobei einige der hinter dem Fenster (2) liegenden Lötstellen (7) durch einen strahlungsundurchlässigen Schild (8) abgedeckt sind, dadurch gekennzeichnet, daß alle Lötstellen (7) auf der dem Fenster (2) zugewandten Seite des Körpers (6) liegen und die Drahtelemente (5) zwischen den Lötstellen (7) durch achsparallele Bohrungen über die dem Fenster (2) abgewandte Grundfläche des Körpers (6) geführt sind, und daß am Fenster (2) ein Thermoelement (9) zur Erfassung der Eigentemperatur des Sensors am Schild (8) angeordnet ist (Fig. 3, 4).

3. Sensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Schild (8) aus einem Material guter Wärmeleitfähigkeit besteht und in gut wärmeleitender Verbindung mit dem Fenster (2) steht.

4. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Schild (8) auf seiner Innenseite mit einem Pigment geschwärzt ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Sensor zur strahlungs-pyrometrischen Messung der Temperatur eines Meßobjektes, insbesondere unter Bedingungen hoher Umgebungstemperaturen am Sensor im Innenraum eines Heißlufttrockners, einer Wärmebehandlungsanlage oder derglei-

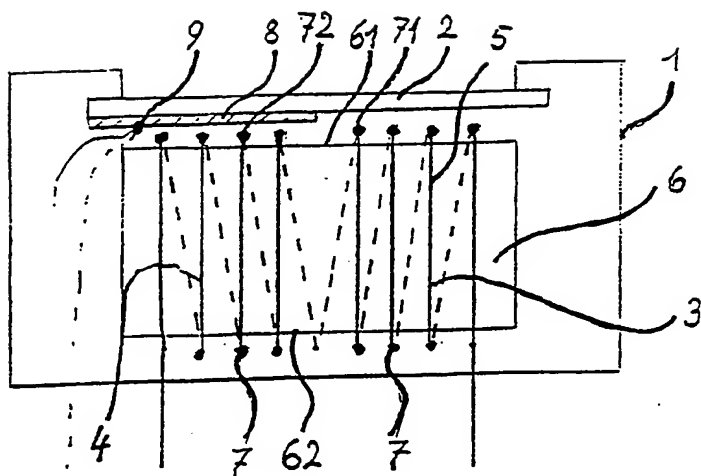


Fig. 1

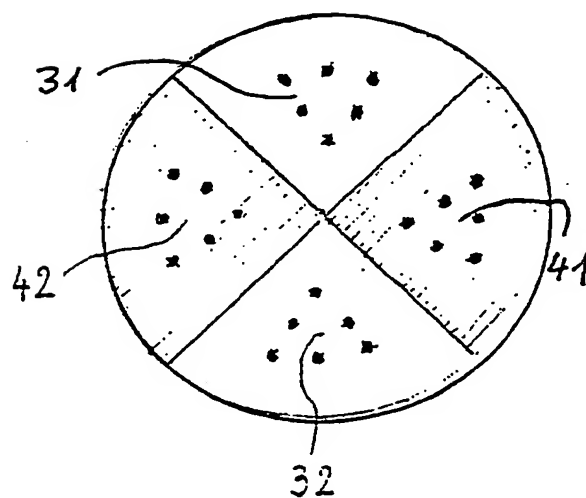


Fig. 2

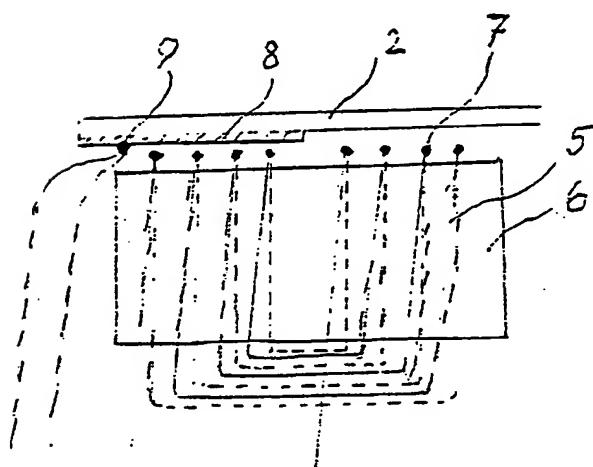


Fig. 3

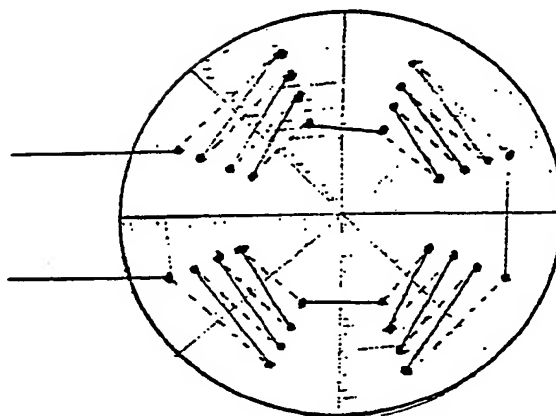


Fig. 4